

**STUDI PERILAKU DISTRIBUSI BEBAN PADA
TIANG BOR TERINSTRUMENTASI DENGAN UJI
PEMBEBANAN TIANG DUA ARAH PADA TANAH
PASIR VULKANIK BERBATU**

TESIS



Oleh:

**Dennis Rio Perdana
2016831039**

Pembimbing:

Prof. Paulus Pramono Rahardjo, Ph.D.

**PROGRAM MAGISTER TEKNIK SIPIL
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
BANDUNG
MARET 2021**

HALAMAN PENGESAHAN

**STUDI PERILAKU DISTRIBUSI BEBAN PADA TIANG BOR
TERINSTRUMENTASI DENGAN UJI PEMBEBANAN TIANG DUA
ARAH PADA TANAH PASIR VULKANIK BERBATU**



Oleh:

**Dennis Rio Perdana
2016831039**

Pembimbing:



Prof. Paulus Pramono Rahardjo, Ph.D.

**PROGRAM MAGISTER TEKNIK SIPIL
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
BANDUNG
MARET 2021**

Pernyataan

Yang bertandatangan di bawah ini, saya dengan data diri sebagai berikut:

Nama : Dennis Rio Perdana
Nomor Pokok Mahasiswa : 2016831039
Program Studi : Magister Teknik Sipil
Program Pascasarjana
Universitas Katolik Parahyangan

Menyatakan bahwa Tesis / Disertasi *) dengan judul:

**STUDI PERILAKU DISTRIBUSI BEBAN PADA TIANG BOR TERINSTRUMENTASI
DENGAN UJI PEMBEBANAN TIANG DUA ARAH PADA TANAH PASIR
VULKANIK BERBATU**

adalah benar-benar karya saya sendiri di bawah bimbingan Pembimbing, dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan.

Apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya, atau jika ada tuntutan formal atau non formal dari pihak lain berkaitan dengan keaslian karya saya ini, saya siap menanggung segala resiko, akibat, dan/atau sanksi yang dijatuhkan kepada saya, termasuk pembatalan gelar akademik yang saya peroleh dari Universitas Katolik Parahyangan.

Dinyatakan : di Bandung

Tanggal : 28 Maret 2021



Dennis Rio Perdana

**STUDI PRILAKU DISTRIBUSI BEBAN PADA TIANG BOR
TERINSTRUMENTASI DENGAN UJI PEMBEBANAN TIANG DUA
ARAH PADA TANAH PASIR VULKANIK BERBATU**

**Dennis Rio Perdana (NPM: 2016831039)
Pembimbing: Prof. Paulus Pramono Rahardjo, Ph.D.
Magister Teknik Sipil
Bandung
Maret 2021**

ABSTRAK

Pengujian *bi-directional load test* (BDSLTL) adalah salah satu pengujian aksial tekan pondasi yang memiliki banyak benefit terutama bila dilakukan pada daerah yang terpencil serta beban uji besar. Namun dalam praktiknya di Indonesia uji ini belum begitu populer yang menyebabkan korelasi terhadap uji ini terhadap uji aksial tekan pada beban dari atas masih sangat sedikit. Dalam studi ini dilakukan pemodelan hasil uji BDSLTL yang ter instrumentasi serat fiber. Studi dilakukan guna mendapatkan kurva ekivalen beban dari atas baik menggunakan metode Osterberg, Schmertmann, distribusi beban, dan pemodelan elemen hingga. Dari hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa bila salah satu segmen tiang (di atas atau di bawah dongkrak) mengalami kondisi ultimit atau pergerakan yang lebih besar dari segmen lainnya maka interpretasi kurva ekivalen beban dari atas tidak mendapatkan korelasi yang baik terlebih bila pergerakan salah satu segmen masih linier hasil kurva ekivalen seakan – akan menunjukkan tiang mengalami *failure* mengikuti segmen dengan pergerakan terbesar. Namun dengan pemasangan instrumentasi dapat dilakukan perhitungan balik dan dapat dilakukan pemodelan pembebanan dari atas secara untuk mendapatkan pendekatan yang lebih realistic.

Kata Kunci: Tanah vulkanik berbatu, transfer beban, $\tau - z$, $q - z$, uji pembebanan tiang dua arah, serat optic, elemen hingga, tiang bor.

BEHAVIOUR STUDY ON LOAD TRANSFER OF INSTRUMENTED BORED PILE TESTED WITH BIDIRECTIONAL LOAD TEST ON GRAVELY VOLCANIC SAND SOIL

Dennis Rio Perdana (NPM: 2016831039)
Advisor: Prof. Paulus Pramono Rahardjo, Ph.D.
Magister of Civil Engineering
Bandung
Maret 2021

ABSTRACT

Bi-directional static load test is one of the foundation compressive load test that has several benefits compared to other methods, particularly when it is conducted at remote location and high-test load. However, the application of this method notably in Indonesia is not prevalent. Therefore, it gives rise to limited correlation between top load method. Hence, in this study was conducted the simulation of fiber optic instrumented field BDSLT result. The study was done to obtain an equivalent top load settlement curve using Osterberg, Schmertmann, load transfer, and finite element modelling method. The study obtains that when one segment (above or below cell) experience ultimate condition or has larger displacement, the interpretation for equivalent top load will not obtain proper correlation. Particularly when one segment is still in linear condition, equivalent top load will show failure condition following the largest segment's movement. However, by installing instrumentation could improve the accuracy by back calculating the result and modelling top load test to get more realistic approach.

Keywords: Volcanic gravel soil, load transfer, $\tau - z$, $q - z$, bidirectional load test, fiber optic, finite element, bored pile.

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji dan syukur ke hadirat Tuhan Yesus Kristus atas segala rahmat dan karunia-NYA pada penulis, akhirnya penulis dapat menyelesaikan penyusunan tesis yang berjudul: **STUDI PRILAKU DISTRIBUSI BEBAN PADA TIANG BOR TERINSTRUMENTASI DENGAN UJI PEMBEBANAN TIANG DUA ARAH PADA TANAH PASIR VULKANIK BERBATU**. Tesis ini ditulis dalam rangka tugas dan ujian akhir untuk memperoleh gelar Magister Teknik Informatika di program Pascasarjana Universitas Katolik Parahyangan.

Penulis menyadari bahwa tesis ini dapat diselesaikan berkat dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis berterimakasih kepada semua pihak yang secara langsung dan tidak langsung memberikan kontribusi dalam penyelesaian tesis ini. Secara khusus pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada: Prof. Paulus Pramono Rahardjo, Ph.D. sebagai pembimbing yang telah membimbing dan mengarahkan penulis dalam penyusunan tesis selama ini dari awal hingga tesis ini dapat diselesaikan. Serta keluarga dan orang terdekat penulis yang telah memberikan dukungan kepada penulis selama melakukan proses studi hingga penyusunan tesis ini.

Kiranya penulis berharap tesis ini mudah-mudahan dapat memberi sumbangsih bagi pendidikan dan pembangunan negeri ini terkhususnya dalam bidang teknik sipil dan geoteknik.

Bandung, 28 Maret 2021

Dennis Rio Perdana
2016831039

DAFTAR ISI

PERNYATAAN

ABSTRAK

ABSTRACT

KATA PENGANTAR

BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Inti Permasalahan	3
1.3 Lingkup Penelitian	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Pembatasan Masalah	5
1.6 Metode Penelitian.....	5
1.7 Sistematika Penulisan.....	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Pondasi Tiang	7
2.1.1 Pondasi Tiang Pancang	7
2.1.2 Pondasi Tiang Bor.....	9
2.2 Desain Daya Dukung Pondasi Bor.....	12
2.2.1 Perhitungan Umum Daya Dukung Aksial Pondasi Tiang	13
2.2.2 Desain Kapasitas Aksial Pada Tanah Kohesif.....	14
2.2.3 Daya Dukung Tiang Bor Pada Tanah Non Kohesif.....	17

2.2.4 Daya Dukung Tiang Bor Pada Material Kohesif <i>Intermediate Geomaterial</i>	20
2.2.5 Daya Dukung Tiang Bor Pada Material Non-Kohesif <i>Intermediate Geomaterial</i>	23
2.3 Pengujian Beban Tiang Dua Arah	26
2.3.1 Metode Original (Osterberg, 1995)	30
2.3.2 Metode Modifikasi (Schmertmann, 1998)	31
2.3.3 Metode Distribusi Beban (Coyle dan Reese, 1966; Kwon et al., 2005)33	
2.4 Mekanisme Distribusi Beban Pada Pondasi Tiang	34
2.4.1 Permodelan tiang dalam τ -z dan q-z.....	36
2.4.2 Rekomendasi kurva τ -z dan q-z.....	41
2.5 Instrumentasi kabel serat optik	51
2.6 Metode Elemen Hingga	52
2.6.1 Prosedur analisis dari metode elemen hingga	53
2.6.2 Tiga macam model persoalan elemen hingga	54
2.6.3 Model persamaan dalam permodelan.....	56
BAB 3 METODE PENELITIAN.....	59
3.1 Lokasi Penelitian.....	59
3.2 Pengumpulan Data Sekunder.....	59
3.2.1 Perhitungan daya dukung dan penentuan letak dongkrak	60
3.3 Pengambilan Data Primer	60
3.3.1 Pemasangan Instrumentasi Kabel Serat Optik	61

3.3.2	Pengujian <i>Bidirectional Static Load Test</i>	63
3.3.3	Analisis Hasil Pengujian BDSLT dan Hasil Instrumentasi	64
3.4	Permodelan Dalam Studi.....	64
3.4.1	Permodelan Plaxis 2D	64
3.5	Urutan Studi	65
BAB 4	67
4.1	Tiang Uji I (Jembatan Tendeki P3)	67
4.1.1	Umum	67
4.1.2	Kondisi Geologi dan Letak Dongkrak	67
4.1.3	Konstruksi Tiang.....	68
4.1.4	Hasil Pengujian BDSLT	69
4.1.5	Hasil Instrumentasi	72
4.1.6	Kurva Ekuivalen Beban Dari Atas.....	80
4.2	Analisa Metode Elemen Hingga.....	83
4.2.1	Permodelan Elemen Hingga	83
4.2.2	Hasil Permodelan Tiang Uji I	86
4.2.3	Hasil Permodelan Pembebanan Dari Atas	88
BAB 5	93
5.1	Kesimpulan.....	94
5.2	Saran.....	96
DAFTAR PUSTAKA	98
LAMPIRAN		

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

BDSL	= <i>Bi-directional static load test</i>
FO	= <i>fiber optic</i>
BOTDR	= <i>brillouin optical time domain reflectometry</i>
OTDR	= <i>optical time domain reflectometry</i>
E	= Modulus elastisitas tiang
A	= Luas penampang tiang
A _s	= luas selimut tiang
C ₁	= Faktor distribusi beban
c _u	= kohesi tak teralir
k	= kekakuan
L ₁	= Panjang tiang di atas dongkrak
σ	= tegangan total
σ' _z	= tegangan efektif tanah pada kedalaman z
f _s	= daya dukung selimut tiang per satuan luas
q _s	= daya dukung ujung tiang per satuan luas
p _a	= tekanan atmosfer
Q _{ult}	= daya dukung ultimit tiang
Q _b	= daya dukung ujung tiang
Q _s	= daya dukung selimut tiang
W _p	= berat sendiri tiang
N _c	= faktor daya dukung
σ _h	= tegangan horizontal

τ	= friksi tiang termobilisasi
α	= faktor adhesi
β	= faktor beta
δ	= pemendekan tiang
ε	= regangan tiang
φ	= sudut geser dalam
ν	= <i>Poisson</i> rasio tanah
z	= Peralihan segmen tiang

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pemancangan Dengan Palu	8
Gambar 2.2 Pemancangan Tiang Tekan	8
Gambar 2.3 Pemancangan Dengan Getaran	8
Gambar 2.4 Metode Pengeboran Kering. (Soilmec.it)	9
Gambar 2.5 Metode Pengeboran Basah. (Soilmec.it)	10
Gambar 2.6 Metode Pengeboran Dengan Casing (Soilmec.it)	10
Gambar 2.7 Pemilihan Mata Bor Pada Tanah Butir Halus dan Butir Kasar (Soilmec.it)	11
Gambar 2.8 Pemilihan Mata Bor Pada Batuan (Soilmec.it)	12
Gambar 2.9 Korelasi Antara α Dan c_u/P_a	15
Gambar 2.10 Grafik Eksperimental Nilai β	19
Gambar 2.11 Grafik Eksperimental Nilai α	21
Gambar 2.12 Skematik Pengujian BDSLT (loadtest.com)	28
Gambar 2.13 Kurva Pergerakan Tiang Ke Atas dan Ke Bawah	31
Gambar 2.14 Kurva Beban – Pergerakan Tiang Dari Atas	31
Gambar 2.15 Faktor Bentuk Ukuran Distribusi Beban	33
Gambar 2.16 Mekanisme Penyaluran Beban Pada Tanah Oleh Tiang Pondasi	35
Gambar 2.17 Kurva hubungan beban terhadap penurunan	35
Gambar 2.18 (a) Mekanisme transfer beban (b) pemodelan massa pegas pada tiang	36
Gambar 2.19 <i>Free body</i> diagram dari segmen tiang	37
Gambar 2.20 Diskritisasi segmen tiang menjadi elemen tiang dan elemen tanah	39

Gambar 2.21 $\tau - z$ tanah pasir (API, 2002)	43
Gambar 2.22 $\tau - z$ tanah lempung (API, 2002)	43
Gambar 2.23 $q - z$ tanah lempung dan pasir (API, 2002)	44
Gambar 2.24 $\tau - z$ tanah lempung (Coyle dan Reese, 1966)	45
Gambar 2.25 $q - z$ tanah lempung (Coyle dan Reese, 1966)	46
Gambar 2.26 $\tau - z$ tanah pasir (Mosher, 1984)	47
Gambar 2.27 $q - z$ tanah pasir (Mosher, 1984)	48
Gambar 2.28 $\tau - z$ tanah lempung (Reese dan O’neill, 1988)	49
Gambar 2.29 $q - z$ tanah lempung (Reese dan O’neill, 1988)	49
Gambar 2.30 $\tau - z$ tanah pasir (Reese dan O’neill, 1988)	50
Gambar 2.31 $q - z$ tanah pasir (Reese dan O’neill, 1988)	50
Gambar 2.32 Spektra Dari Beberapa Jenis Kekuatan Sebaran Balik Pada Serat Fiber	51
Gambar 2.33 Spektra Dari Beberapa Jenis Kekuatan Sebaran Balik Pada Serat Fiber	52
Gambar 2.34 Elemen satu dimensi (Desai dan Abel, 1972)	53
Gambar 2.35 Elemen dua dimensi (Desai dan Abel, 1972)	54
Gambar 2.36 Elemen tiga dimensi (Desai dan Abel, 1972)	54
Gambar 2.37 Contoh persoalan plane strain.	55
Gambar 2.38 Contoh persoalan plane strain.	55
Gambar 2.39 Contoh persoalan axial simetri.	56
Gambar 2.40 Macam – macam kriteria yield (Chen dan Mccarron, 1986; Chen dan Mizuno, 1990)	58

Gambar 3.1 Lokasi Proyek di daerah Bitung – Sulawesi Selatan (Sumber : <i>Google Earth</i>)	59
Gambar 3.2 Pemasangan Kabel Serat Optik Pada Tulangan.	61
Gambar 3.3 Lokasi instrumen dan Lokasi Dongkrak Pada Tiang Uji 1	62
Gambar 4.1 Profil Penampang Memanjang Jembatan Tendeki	67
Gambar 4.2 Stratifikasi Tanah Pada Lokasi Jembatan Tendeki P3	68
Gambar 4.3 Kurva Beban – Waktu Tiang Uji I	71
Gambar 4.4 Kurva Pergerakan – Waktu Tiang Uji I	71
Gambar 4.5 Kurva Beban – Pergerakan Tiang Uji I	72
Gambar 4.6 Modulus vs. Strain Tiang Uji I	73
Gambar 4.7 Distribusi Beban Sepanjang Tiang Tiang Uji I	75
Gambar 4.8 Tahanan friksi dan ujung vs. Beban Pada Tiang Uji I	78
Gambar 4.9 Kurva τ -z dan q-z Tiang Uji I	80
Gambar 4.10 Extrapolasi Kurva t – z dan q – z	82
Gambar 4.11 Kurva Koreksi Pergerakan Tiang dan Extrapolasi Pergerakan Keatas	82
Gambar 4.10 Kurva Ekuivalen Pembebanan Dari Atas	83
Gambar 4.11 Permodelan Tiang Uji I	85
Gambar 4.14 Kurva Beban – Pergerakan Tiang Aktual vs. FEM	87
Gambar 4.15 Kurva Transfer Beban Aktual vs. FEM	87
Gambar 4.16 Kurva Beban – Penurunan Beban dari Atas dengan Empat Metoda Analisis	89
Gambar 4.17 Plastik Poin Uji BDSLT Dengan FEM	90
Gambar 4.18 Kurva τ – z dan q – z Hasil Instrumentasi – Pemodelan – Desain	92

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Rekomendasi Tegangan Ijin Pada Kondisi Beban Layan (ACI 318-95, Section A.3)	13
Tabel 2.2 Nilai I_r dan N^*_c Pada Tanah Kohesif (O'Neill & Reese, 1999)	17
Tabel 2.3 Rekomendasi q_b Pada Tanah Non-Kohesif (O'Neill & Reese, 1999)	20
Tabel 2.4 Nilai s dan m berdasarkan jenis batuan (Carter & Kulhawy, 1988)	22
Tabel 2.5 Deskripsi Jenis Batuan yang Digunakan Pada Tabel 2.4 (Hoek, 1983)	22
Tabel 2.6 Perbandingan Tiga Metode Pembuatan Kurva Ekuivalen Beban - Pergerakan Tiang Dari Atas	29
Tabel 2.7 $\tau - z$ pasir lempung (API, 2002)	42
Tabel 2.8 $\tau - z$ tanah lempung (API, 2002)	43
Tabel 2.9 $q - z$ tanah lempung dan pasir (API, 2002)	44
Tabel 2.10 $\tau - z$ tanah lempung (Coyle dan Reese, 1966)	44
Tabel 2.11 $q - z$ tanah lempung (Coyle dan Reese, 1966)	45
Tabel 2.12 $\tau - z$ tanah pasir (Mosher, 1984)	46
Tabel 2.13 $q - z$ tanah pasir (Mosher, 1984)	47
Tabel 3.1 Daya dukung pondasi tiang Tendeki P3	60
Tabel 3.2 Metode Pembebanan Monotonik	63
Tabel 3.3 Beban Uji	63
Tabel 4.1 Urutan Konstruksi Tiang	69
Tabel 4.2 Jadwal Pembebanan Tiang Uji	70
Tabel 4.3 Friksi dan Tahanan Ujung Hasil Instrumentasi Tiang Uji I	77
Tabel 4.4 Parameter Tanah Tiang Uji I	84

Tabel 4.5 Perbandingan penurunan tiang	89
Tabel 4.6 Perbandingan kapasitas friksi dan tahanan ujung tiang	93

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1	Data penyelidikan tanah	100
LAMPIRAN 2	Data pengeboran tiang	103
LAMPIRAN 3	Data hasil pengukuran BDSLT	105
LAMPIRAN 4	Data pengukuran serat optic	108
LAMPIRAN 5	Data perhitungan transfer beban	109
LAMPIRAN 6	Data perhitungan $\tau - z$ dan $q - z$	115
LAMPIRAN 7	Dokumentasi Studi	125

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pondasi merupakan salah satu bagian penting dari suatu bangunan dimana seluruh beban bangunan tersebut akan diterima oleh pondasi dan kemudian disalurkan ke tanah. Pondasi pada bangunan pada umumnya terdapat dua jenis yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam dan juga ada yang berupa kombinasi dari kedua pondasi tersebut. Faktor yang mempengaruhi pemilihan jenis pondasi tersebut antara lain kondisi tanah dan beban bangunan. Pada umumnya untuk beban bangunan yang relatif kecil (bangunan rumah atau ruko) pondasi dangkal masih dapat digunakan dengan catatan kekuatan tanah memadai, dan untuk bangunan besar seperti gedung tinggi, jembatan, *fly over* pondasi dalam baik itu tiang pancang atau tiang bor umum digunakan.

Suatu pondasi harus direncanakan dengan benar dan tepat, karena jika pondasi tidak direncanakan dengan benar akan ada bagian yang mengalami penurunan yang lebih besar dari bagian sekitarnya. Ada beberapa kriteria yang harus dipenuhi dalam perencanaan suatu pondasi, yakni:

1. Pondasi harus ditempatkan pada koordinat yang tepat sehingga transfer beban terjadi dengan tepat.
2. Daya dukung pondasi harus tercapai sesuai dengan desain perencanaan.
3. Pondasi harus kuat sehingga terhindar dari penurunan yang berlebihan.

Pembuatan pondasi untuk bangunan gedung maupun infrastruktur seperti pembangkit listrik, jalan, flyover, underpass, dermaga, tanki maupun bangunan lainnya memerlukan suatu kontrol terhadap kualitas pembuatan sehingga diperlukan suatu sistem pengujian yang komprehensif dan dapat mewakili kondisi aktual tiang produksi. Melihat pentingnya peranan pondasi maka diperlukannya sebuah metode untuk mengetahui dan menguji kemampuan pondasi sebelum akhirnya bangunan didirikan di atasnya.

Saat ini sudah banyak metode untuk menguji performa pondasi baik itu metode statik dan dinamik. Metode statik merupakan metode pengujian langsung pada pondasi dimana pondasi akan di berikan beban sebesar beban rencananya dan merupakan pengujian yang paling akurat. Pengujian statik dapat dilakukan dengan dua metode umum yaitu *kentledge* dan tiang reaksi kedua metode tersebut dilakukan dengan memberikan beban langsung di kepala tiang sesuai dengan beban rencana.

Pengujian pondasi sendiri sudah menjadi syarat tertulis dan tertuang pada Standar Nasional Indonesia (SNI) dan wajib dilakukan pada setiap pekerjaan konstruksi. Namun pengujian statik pondasi bukanlah pekerjaan yang mudah dan murah terlebih jika suatu proyek konstruksi berada pada area yang terpencil dan membutuhkan beban pengujian yang relatif besar. Pengujian statik dengan metode konvensional memerlukan mobilisasi peralatan yang sangat banyak dan akan memakan waktu serta biaya yang tidak sedikit. Beberapa tahun terakhir pembangunan infrastruktur terutama jalan dan jembatan menjadi target utama pemerintah Indonesia guna pemerataan dan percepatan pertumbuhan ekonomi

diseluruh wilayah Indonesia. Tantangan dalam dunia konstruksi adalah ketika diperlukannya pengujian pondasi pada daerah terpencil.

Pengujian beban statik dengan metode pembebanan dua arah (*Bi-directional load test / BDSLT*) menjadi pilihan baru ketika pengujian pondasi harus dilakukan pada daerah – daerah terpencil. Pengujian statik dua arah ini berbeda dengan pengujian statik pada umumnya dikarenakan beban diberikan secara dua arah melalui dongkrak hidrolis yang ditanam pada pondasi tiang. Beban yang dihasilkan berupa reaksi tanah (friksi dan tahanan ujung) dan beban sendiri dari beton pada pondasi itu sendiri. Pengujian statik dua arah ini bukanlah pengujian yang baru, pengujian ini sudah lama di kembangkan dan di patenkan oleh Dr. Jorj O. Osterberg pada tahun 1984 yang menjadi populer dengan nama *O-cell*. Namun penggunaannya di Indonesia masih sangat jarang serta kurangnya penelitian dan pengujian menggunakan metode ini di menjadikan pengujian ini kurang diragukan keakuratannya karena pada saat itu harganya yang terlampau tinggi dibanding dengan metode konvensional. Setelah paten hak cipta habis pada tahun 2015, banyak perusahaan – perusahaan yang mengembangkannya dan hingga kini dan karena persaingan tersebut menjadikan harganya bersaing dengan metode konvensional dan mulai populer penggunaannya di Indonesia.

1.2 Inti Permasalahan

Pengujian statik dua arah walau sudah cukup populer, namun masih jarang dilakukan di Indonesia sehingga data – data hasil pengujian masih belum cukup banyak terlebih data – data hasil pengujian yang ter-instrumentasi secara lengkap membuat pengujian ini masih belum begitu dapat diandalkan dan korelasi terhadap

pengujian beban dari atas (metode konvensional) masih sangat sedikit terutama di Indonesia.

1.3 Lingkup Penelitian

Lingkup penelitian yang akan dilakukan meliputi:

1. Penelitian dilakukan pada tiang bor pada kondisi tanah pasir vulkanik berbatu.
2. Penelitian akan dilakukan pada satu buah tiang pondasi jembatan.
3. Penelitian menggunakan metode pengujian statik dua arah dengan tipe *super-cell*.
4. Instrumentasi yang digunakan dalam penelitian adalah kabel serat optik.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan umum dari penelitian ini adalah guna mendapatkan dan mempelajari perilaku tiang pondasi bor dalam ter-instrumentasi yang diuji menggunakan metode statik dua arah dan secara khusus guna mendapatkan dan mengevaluasi:

1. Kurva beban – pergerakan tiang dua arah.
2. Distribusi beban sepanjang tiang.
3. Kurva $\tau - z$ dan $q - z$ pada tanah vulkanik berbatu.
4. Kurva penurunan beban tiang dari atas.
5. Pengaruh arah pembebanan terhadap kapasitas tiang.
6. Sensitifitas metode interpretasi hasil uji BDSLT.

1.5 Pembatasan Masalah

Guna mendapatkan hasil dan pemahaman yang lebih detail dalam penelitian ini maka diperlukan batasan –batasan masalah yaitu:

1. Kajian dilakukan pada pondasi tiang bor dalam dengan kondisi tanah kohesif dan granular pada proyek konstruksi di Indonesia.
2. Kajian hanya dilakukan pada kapasitas tekan statik pondasi tiang bor.
3. Pengujian beban tiang menggunakan metode pembebanan dua arah.
4. Metode analisa yang dilakukan adalah studi eksperimental pada skala penuh dan pemodelan dengan menggunakan PLAXIS 2D.

1.6 Metode Penelitian

Dalam melakukan penelitian ini digunakan metode eksperimen dan metode deskriptif, dimana data – data yang diambil adalah berdasarkan studi eksperimen pada proyek riil dan kemudian dilakukan studi korelatif dan komparatif dengan pemodelan elemen hingga.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika dan isi dari karya tulis ilmiah ini akan meliputi beberapa bab yakni:

BAB 1 PENDAHULUAN meliputi latar belakang, tujuan penelitian, lingkup penelitian, pembatasan masalah, metode penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA berisi tentang tinjauan literatur mengenai desain dan metode konstruksi pondasi tiang, pengujian pondasi dengan metode *bi-directional*, instrumentasi pada tiang berupa *strain gauge* dan serat optik.

BAB 3 METODE PENELITIAN berisikan mengenai tahapan – tahapan penelitian dari awal masa konstruksi hingga dilakukannya pengujian.

BAB 4 ANALISIS DATA berupa analisa dan dari hasil penelitian serta evaluasi dan komparasi hasil penelitian terhadap korelasi dengan data – data sekunder yang ada.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN berisi kesimpulan dari hasil penelitian serta saran – saran yang diperlukan guna penelitian selanjutnya.